



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 40 458 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
B 01 J 19/12
H 01 L 21/324
// H05B 6/10

②① Aktenzeichen: 199 40 458.5
②② Anmeldetag: 25. 8. 1999
④③ Offenlegungstag: 1. 3. 2001

DE 199 40 458 A 1

⑦① Anmelder:
Nanogate GmbH, 66121 Saarbrücken, DE

⑦④ Vertreter:
Pietruk, C., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 76229 Karlsruhe

⑦② Erfinder:
Nass, Rüdiger, Dr., 66292 Riegelsberg, DE; Burgard,
Detlef, 66333 Völklingen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE	37 32 877 A1
DE	30 15 981 A1
CH	6 74 650 A5

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Veränderung von Beschichtungsmaterialien

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Veränderung elektrisch zumindest halbleitender Beschichtungsmaterialien, durch die die Beschichtungsmaterialien in fester Form mit einem elektromagnetischen Wechselfeld beaufschlagt werden, bis durch deren induktive Erwärmung die thermische Veränderung bewirkt ist. Weiter wird ein Gegenstand mit einer Beschichtung aus elektrisch zumindest halbleitendem Material auf einem durch Wirbelstrominduktion allenfalls geringfügig erwärmbaren Grundkörper beschrieben, wobei der Grundkörper nur aus einem nur bis zu einer vorgegebenen Temperatur unverändert erwärmbaren, insbesondere formstabilen Material besteht, und das Beschichtungsmaterial eine durch Erwärmen auf Temperatur unterhalb der vorgegebenen veränderte Eigenschaften aufweist.

DE 199 40 458 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Veränderung elektrisch zumindest halbleitender Beschichtungsmaterialien und einen Gegenstand mit einer Beschichtung aus elektrisch wenigstens halbleitendem Material.

Es ist seit langem bekannt, daß die Eigenschaften von Gegenständen verändert werden können, indem die Oberflächen der Gegenstände beschichtet werden. Je nach eingesetztem Beschichtungsmaterial können verringerte Reibung, verringerter Verschleiß, veränderte Reflektivität usw. erhalten werden.

Entsprechend der Vielfalt und Bedeutung von Beschichtungen gibt es auch eine Vielzahl unterschiedlicher Techniken zur Auftragung der Beschichtungsmaterialien auf einen zu beschichtenden Grundkörper. Zu den Techniken, mit denen Beschichtungen auf Materialien wie Keramik, Glas, Metall und/oder Kombinationen derselben aufgetragen werden, gehören u. a. die Sprühpolymerisation (Pyrolyseverfahren), wie sie etwa beschrieben ist von M. Mizunashi, *J. Non-Crystalline Solids* 38 & 39 (1980), 329 sowie von J. Dutta, *Thin Solid Films* 239 (1994), 150; die Gasphasenabscheidung (PVD) und Sputterverfahren, wie von L. Meng, *Thin Solid Films* 237 (1994), 112, beschrieben; und CVD (Chemical-Vapor-Deposition)-Verfahren wie beispielhaft von D. J. Houlton, A. C. Jones, P. W. Haycock, E. W. Williams, J. Bull, G. W. Critchlow, *Chem. Vap. Deposition* 1 (1995), 26, sowie von S. R. Vishwakarma, *Thin Solid Films* 176 (1989), 99, beschrieben. Die vorgenannten Gasphasenprozesse erfordern in der Regel einen beachtlichen technischen Aufwand und demgemäß entsprechend hohe Investitionskosten, insbesondere bei der Beschichtung großer Bauteile.

Es ist weiter bereits bekannt, mittels naßchemischer Beschichtungsverfahren insbesondere auf der Basis des Sol-Gel-Prozesses Beschichtungen aufzubringen. Bei Sol-Gel-Verfahren sind primär ionische oder molekulare Verbindungen, also Schicht-Material-Vorstufen vorhanden, die auf dem Grundkörper zur Reaktion gebracht werden und sich als amorphe Schicht ablagern, was die Sol-Gel-Schicht von Suspensionen nanoskaliger Kristalle unterscheidet. Veröffentlichte Arbeiten hierzu stammen beispielsweise Y. Takahashi, Y. Wada, *J. Electrochem. Soc.* 137 (1) (1990), 267; J. Pütz; Diplomarbeit, Institut für Neue Materialien, Februar 1996; C. J. R. Gonzales-Olivier, *J. Non-Crystalline Solids* 82 (1986), 400, sowie S. Park, *Thin Solid Films* 258 (1995), 268. Der Sol-Gel-Prozess ist besonders anwendbar bei der Erzeugung keramischer Schichten, Schichten aus Glas und Hybridschichten, die aus unterschiedlichen Materialien wie Glas und Keramik oder anorganischen und organischen Stoffen zusammengesetzt sind.

Bei den naßchemischen Beschichtungstechniken werden Sol-Gel-Systeme und/oder Beschichtungssuspensionen von mikrostrukturierten Teilchen und/oder Nanoteilen, insbesondere Nanopartikeln durch Tauch- oder Spinnüberzug, Aufsprühen, Drucken usw. aufgetragen, was eine preisgünstige, insbesondere großflächige Beschichtung sogar strukturierter Schichten ermöglicht.

Die über naßchemische Verfahren aufgetragenen Beschichtungen unterscheiden sich jedoch von den durch Gasphasenprozessen hergestellten in ihren Eigenschaften, insbesondere was die Größe der in der Schicht vorhandenen Teilchen sowie die Schicht-Dichte angeht. Die Dichte, die mit dem Kristallisationsgrad zusammenhängt einen beachtlichen Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften der erzeugten Schicht. So ändern sich Brechzahl, Reflexionsvermögen, Permittivität, Suszeptibilität, elektrische Leitfähigkeit, Permeabilität usw. So ist typischerweise die elektrische

Leitfähigkeit von Beschichtungen etwa aus ITO (Indium-Zinn-Oxyd) und ATO (Antimon-Zinn-Oxyd) niedriger, wenn diese über naßchemische zu Beschichtungstechniken aufgetragen werden, als wenn die Beschichtungen durch Vakuumprozesse hergestellt werden. Zudem muß bei der Herstellung einer Schicht im Regelfall mehr als ein Schichtparameter beachtet werden. So werden beispielsweise gleichzeitig hohe beziehungsweise spezifisch einstellbare Leitfähigkeiten, hohe Transparenz, also Transmissivität für sichtbares Licht und geringe Schichtdicken gewünscht, die wenige Nanometer bis einige Mikrometer dick sein sollen. Es ist aus G. Gasparro, J. Pütz, D. Ganz, M. A. Aegerter, Euro-Sun '96, Int. Symp. on Optical Materials Technology for Energy Efficiency and Solar Energy Conversion, 1996, bekannt, daß für eine optimale Funktionalität der Schicht eine möglichst hohe Dichte, die idealerweise dem theoretisch möglichen Wert entspricht, angestrebt werden muß.

Neben der Dichte spielt auch die Teilchengröße eine beachtliche Rolle, denn viele Teilcheneigenschaften sind größenabhängig. So ändern sich mit der Größe der in einer Schicht vorhandenen Teilchen die katalytischen Eigenschaften der Schicht, die elektrische Eigenschaften, die optische Transparenz usw. Es werden sogar Übergänge von Ferro- zu Superparamagnetismus beobachtet, wenn die zur Ausbildung von Mehrdomänenteilen erforderliche Volumengrenze unterschritten wird. Die Größe der Teilchen in einer Schicht ist jedoch abhängig von der Herstellungsweise, also dem chemischen Herstellungsverfahren und der nachfolgenden Schichtbehandlung, beispielsweise durch Wärmezufuhr zwecks Teilchenkristallisation und/oder Versinterung.

Die Eigenschaften einer Beschichtung sind damit stark davon abhängig, ob die Schichten aus einer Suspension, Dispersion, mittels Lösungsmitteln, durch Vakuumdeposition usw. hergestellt werden.

Es ist also möglich, Schichten durch Wärmebehandlung zu verändern. Dies ist vorteilhaft, wenn man von sehr kleinen schichtbildenden Teilchen, d. h. Nanopartikeln ausgeht, um dünne Schichten zu bilden; per se ist dies gerade bei sehr dünnen Schichten vorteilhaft, weil auch hier noch eine Vielzahl von Teilchen übereinander liegen, was bestimmte Schichtfehler statistisch ausmittelt und weitgehend homogene Schichten ergibt. Ausgehend von derartigen Nanostrukturen kann dann durch gezielte Wärmezufuhr eine Eigenschaftsveränderung erzielt werden.

So ist es möglich naßchemisch erzeugte Schichten aus partikulären Systemen durch Sintern zu verdichten. Eine derartige Verdichtung durch Sintern erfordert in der Regel Temperaturen, die, vor allem bei keramischen Beschichtungsmaterialien, über 1.000°C liegen. Neben der Veränderung durch Sintern ist auch eine Eigenschaftsveränderung lediglich durch Kristallisation bei naßchemisch, also insbesondere über Sol-Gel-Verfahren hergestellten Schichten möglich, da die Kristallisation bei geringeren Temperaturen als die Verdichtung und/oder Versinterung erfolgt. Durch gezielte Wärme und genau dosierte Wärmezufuhr lassen sich also Kristallisationsgrad, Dichte, Porosität, Porengröße und andere Stoffeigenschaften einstellen. Bei Dotierung der schichtbildenden Teilchen kann durch eine Nachkristallisation sogar ein Transport der Dotierungen auf spezifische Gitterplätze erreicht werden, was die Materialeigenschaften ebenfalls einstellt. Ein derartiger Transport der Dotiermaterialien auf geeignete Gitterplätze läßt sich bei reinen Fällungsprozessen häufig nicht einstellen, jedenfalls nicht genau.

Es ist bekannt, eine Verdichtung durch Sintern in einem Ofen vorzunehmen, wobei die mit dem Beschichtungsmaterial versehenen Körper mit diesem in einem Ofen aufgeheizt werden, bis die Materialien wie erforderlich thermisch ver-

ändert sind.

Dies ist jedoch nachteilig, da gerade bei großen und massiven Grundkörpern entsprechend dimensionierte Öfen erforderlich sind, das Verhältnis von eingesetzter Energie zur Erwärmung des Grundkörpers und benötigter Energie zur Veränderung des Beschichtungsmaterials schlecht ist und sich überdies thermisch empfindliche Grundkörper allenfalls wenig und unzureichend erwärmen lassen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Neues für die gewerbliche Anwendung bereitzustellen.

Die Lösung dieser Aufgabe wird unabhängig beansprucht. Bevorzugte Ausführungsformen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

Ein Grundgedanke der vorliegenden Erfindung ist somit darin zu sehen, daß die zunächst nur geringe Leitfähigkeit der naßchemisch aufgetragenen Schichten ausgenutzt wird, um Energie induktiv, also durch Hervorrufen von Wirbelströmen, selektiv in der Schicht zu deponieren. Dabei wird die Erkenntnis ausgenutzt, daß es trotz der gerade durch die vorzunehmende thermische Behandlung erst zu erhöhenden elektrischen Leitfähigkeit des partikulären, also Nanoteilchen aufweisenden und/oder daraus bestehenden und/oder Sol-Gel-Beschichtungsmaterials und des Umstandes, daß das Beschichtungsmaterial im Regelfall auf einen Grundkörper nur in sehr dünnen Schichten von beispielsweise einigen µm Dicke aufgetragen und aus Nanopartikel gebildet wird, insbesondere mit hochfrequenten elektromagnetischen Wechselfeldern möglich ist, so starke Wirbelströme zu erzeugen, daß sich die gewünschte thermische Veränderung des Beschichtungsmaterials einstellt.

Die erfindungsgemäße Wärmebehandlung ermöglicht zugleich ein Entfernen von organischen Lösungsmitteln, die im Stand der Technik ausgebrannt werden müssen, eine Verfestigung von anorganischen Bindern, beziehungsweise eine Entbinderung und/oder Prozeßhilfsmittelentfernung. Für die Entfernung von Fremdstoffen ist vorteilhaft, daß die Erwärmung nicht von außen nach innen erfolgt wie in herkömmlichen Öfen, sondern die gesamte Schicht praktisch gleichzeitig erwärmt wird und so eine Dichteerhöhung bei einsetzendem Erwärmen der äußeren Schichten verhindert wird, die andernfalls ein Ausgasen beziehungsweise Austreiben unerwünschter Prozeßhilfsmittel verhindern könnten.

Die hochfrequenten elektromagnetischen Felder werden dabei im Bereich einiger Kilohertz bis maximal wenigen Megahertz liegen. Bevorzugt ist die Verwendung von Frequenzen im Bereich um 100 bis 500 Kilohertz, da sich in diesem Frequenzbereich hinreichend starke elektromagnetische Wechselfelder mit geringem Aufwand erzeugen lassen und die Energie durch den Skin-Effekt gut in auch dünnen Schichten deponiert werden kann. Die Zeiten zum Sintern betragen typisch bei üblichen Leistungen nur wenige Sekunden. Dabei erfolgt vor dem Sintern gegebenenfalls auch eine Kristallisation.

Die Beaufschlagung mit einem hochfrequenten elektromagnetischen Wechselfeld erzeugt also durch Induktion die gewünschte thermische Veränderung, die insbesondere bis zu einer Verdichtung wie durch herkömmliches Sintern fortgesetzt werden kann. Die Wärmebehandlung gemäß der vorliegenden Erfindung erfolgt dabei so schnell, daß ein schnelles thermisches Ausheilen von Fehlstellen, ein sogenanntes "rapid thermal annealing" ermöglicht wird. Eine solche Behandlung war zuvor lediglich durch Infrarotblitze bekannt, die sich aber insbesondere bei im Infraroten absorbierenden Grundkörpern nicht anwenden lassen.

Es ist ausreichend, elektrisch nur halbleitendes partikuläres Material als Beschichtungsmaterial zu verwenden, wobei insbesondere eine Dotierung für das Material zur Erzielung der Halbleitung verwendet werden kann.

Als Beschichtungsmaterial kommen insbesondere Indium-Zinn-Oxyd, fluordotiertes Zinn-Oxyd, Antimon-Zinn-Oxyd, Zink-Oxyd, Nitride, Carbide, Boride, Titanate, Niobate, Tantalate allgemein Perowskite, Eisenoxide, TiN, TiC, Ti(CN), TaC, AlN sowie Vorläufer der vorgenannten Substanzen, sowie Halbleiter des III-IV und/oder III-V Typus in Frage. Insbesondere fluordotiertes Zinn-Oxyd hat durch die Dotierung auch als Nanoteilchen eine hinreichende Leitfähigkeit. Ähnliche Dotierungen sind zum Beispiel auch mit Ito möglich.

Keramisches Beschichtungsmaterial kann genauso verwendet werden wie elektrisch leitfähiges, insbesondere Metalle und/oder intermetallische Verbindungen, solange die Leitfähigkeit ausreicht, Wirbelströme zu leiten.

Das Beschichtungsmaterial wird typischerweise auf den Grundkörper in einer dünnen Schicht aufgebracht, und zwar typischerweise naßchemisch, also mit einem Fluid, etwa durch Tauch- und/oder Spinnüberziehen, Sprühen, Drucken, insbesondere Offset- und/oder Siebdrucken, Rakeln, Gießen und Walzen und/oder Kombinationen dieser Verfahren.

Das Fluid wird im Regelfall eine organische Substanz, d. h. ein organisches Lösungsmittel und/oder Wasser sein und bevorzugt wird das Beschichtungsmaterial zur Erzielung besonders gleichmäßiger Resultate vor der Beaufschlagung mit dem Elektromagnetfeld zumindest vorgetrocknet, was durch Warmluft, Abstreifen usw. erfolgen kann.

Der Grundkörper kann aus wärmeempfindlichem und/oder isolierendem Material ausgewählt sein. Beispiele sind insbesondere Glas, etwa silikathaltiges Glas, Keramiken, keramische Gläser, sowie Kunststoffe, insbesondere PMMA, PE, PET.

Der Grundkörper wird bevorzugt deutlich schlechter leiten als die Beschichtungsmaterialien. Um die Energie des elektromagnetischen Wechselfeldes besonders vollständig in den Beschichtungen zu konzentrieren, ist es insbesondere bevorzugt, wenn der Grundkörper dafür eine wenigstens zwei Größenordnungen niedrigere elektrische Leitfähigkeit als das zumindest halbleitende Beschichtungsmaterial besitzt. Um dies zu gewährleisten, kann insbesondere ein zwecks Leitfähigkeitserhöhung dotiertes Beschichtungsmaterial gewählt werden. Die im Vergleich niedrige Leitfähigkeit gewährleistet, daß der Grundkörper unabhängig von der Eindringtiefe des elektromagnetischen Wechselfeldes, die etwa durch den Skin-Effekt bestimmt ist, Energie primär lediglich vom erwärmten Beschichtungsmaterial erhält. Da das Beschichtungsmaterial bei dünnen Schichten nur eine geringe Wärmekapazität aufweist und sich dementsprechend sehr rasch bis zur thermischen Veränderung, die bevorzugt eine Sinterung, Verdichtung und/oder Kristallisation ist, erwärmen läßt, ist gewährleistet, daß der Grundkörper schon aufgrund der unterschiedlichen Wärmekapazitäten nur sehr wenig und allenfalls lokal nahe der Oberfläche durch den übertretenden Wärmestrom erwärmt wird. Eine derartige Erwärmung ist auch bei Kunststoffgrundkörpern und dergleichen insbesondere deshalb sogar erwünscht, weil sie die Anhaftung des Beschichtungsmaterials auf dem Grundkörper, insbesondere durch diffusiven Materialaustausch, d. h. durch "Diffusionsbonding" wesentlich verbessern kann. Schutz wird auch für Körper mit dergestalt vorgesehener Beschichtung beansprucht.

Es ist somit möglich, die Beschichtungsmaterialien lokal auf Temperaturen zu erwärmen, die deutlich oberhalb jener Temperaturen liegen, denen der Grundkörper als Ganzes ohne Deformation und/oder Zersetzung ausgesetzt werden könnte. Die Nanoteilchen erlauben dabei ein Sintern bereits bei Temperaturen und/oder Zeiten, in welchen der Grundkörper auch bei hoher Wärmeempfindlichkeit unverändert bleibt.

Die Erfindung wird im folgenden nur beispielsweise beschrieben.

Ein Grundkörper aus PMMA, einem elektrischen Nichtleiter aus Kunststoff, wird durch Besprühen mit einer organischen Beschichtungssuspension, die ITO (Indium-Zinn-Oxyd) Nanopartikel enthält, überzogen und bei Raumtemperatur getrocknet. Nach dem Trocknen wird der PMMA-Grundkörper mitsamt der getrockneten Beschichtung einem hochfrequenten elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt, wodurch induktiv Wirbelströme in der Indium-Zinn-Oxyd-Beschichtung erregt werden, was das Beschichtungsmaterial induktiv erhitzt. Dabei werden noch nicht ausgetrocknete oder nicht gebundene organische Restsubstanzen vollständig ausgetrieben.

Zugleich bleibt der die Beschichtung tragende PMMA-Grundkörper als elektrischer Nichtleiter, in dem keine Wirbelströme induziert werden können, praktisch auf Raumtemperatur. Das Wechselfeld wird mit einer Stärke gewählt, die ausreicht, um in die ITO-Schicht so viel Energie einzukoppeln, daß diese sich bleibend sinterhaft verdichtet. Dabei wird das Wechselfeld so stark gewählt, daß die Versinterung schnell in einem sehr kurzen Zeitraum erfolgt, in welchem keine wesentlichen Wärmemengen in das PMMA abfließen können. Nachdem das ITO-Beschichtungsmaterial thermisch durch die induzierten Wirbelströme dauerhaft verdichtet wurde, wird die Zuführung von hochfrequenter elektromagnetischer Energie beendet, worauf der beschichtete Grundkörper, der nur in und sehr nahe der sehr dünnen Schicht aufgeheizt wurde, sich praktisch instantan auf Raumtemperatur befindet.

Wichtig ist bei dieser Erwärmungstechnik, daß die zur thermischen Veränderung benötigte Energie praktisch ausschließlich in das Beschichtungsmaterial ohne Beeinflussung des Grundkörpers eingekoppelt wird. Diese selektive lokale Absorption von zur Erwärmung benötigter Energie erlaubt eine schnelle und hohe Verdichtung des Beschichtungsmaterials ohne oder mit allenfalls mäßiger Substraterwärmung. Dies ermöglicht es, Indium-Zinn-Oxyd, dessen Verdichtungstemperatur weit über der typischen thermischen Belastungsgrenze des PMMA liegt, als keramische Schicht mit vorgegebener Dichte, Porengröße, Porosität usw. auf einem wärmeempfindlichen Träger vorzusehen.

Der erhaltene beschichtete PMMA-Körper weist eine feste Verbindung zu der Indium-Zinn-Oxyd-Beschichtung auf, die damit besonders haltbar ist. Dabei treten auch keine signifikanten Spannungen aufgrund unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten von Grundkörper und Beschichtung auf.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird handelsübliches-Borosilikatglas, wie es für Fensterscheiben eingesetzt wird, mit einer Suspension aus ATO-Nanopartikeln beschichtet und danach getrocknet. Bei der nachfolgenden Einkoppelung von hochfrequenter elektromagnetischer Energie wird die Energie, d. h. die Feldstärke und die Frequenz des eingestrahlten Wechselfeldes zeitlich variiert. Da mit der Frequenz auch die Eindringtiefe des Elektromagnetfeldes in die Beschichtung verändert wird, ergibt sich eine lokal gesteuerte Energiezufuhr über die Beschichtung hinweg. Demgemäß variiert über die Schicht hinweg auch der Verdichtungsgrad, sodaß eine Gradientenschicht erhalten wird. Es ist vorauszusehen, daß das Verfahren auch bei alkalihaltigen Gläsern gute Ergebnisse liefert.

Es sei erwähnt, daß gegebenenfalls der Schichtzustand bei der thermischen Veränderung etwa optisch erfaßt werden kann, um die Energiezufuhr regelnd zu beeinflussen.

Es sei erwähnt, daß die thermisch zu verändernden Beschichtungsmaterialien nicht zwingend bereits auf einen Grundkörper aufgebracht sein müssen, sondern auch als

Formling behandelt werden können.

Es sei weiter erwähnt, daß die Beschichtungsmaterialien beziehungsweise Nanoteilchen nicht zwingend auf einem Grundkörper aufgebracht sein müssen, sondern auch in einen Grundkörper, d. h. in eine Grundkörpermatrix eingebettet sein können und/oder in einer Flüssigkeit oder anderem Fluid behandelt werden können. Dabei können die Nanoteilchen als Energiekoppler wirken, über welche Wirbelstromenergie in den Grundkörper eingekoppelt werden kann. Auch bei diesem Verfahren können sich die Beschichtungsmaterialien beziehungsweise Nanoteilchen in ihren Eigenschaften ändern. Die Nanoteilchendichte in der Matrix kann variiert werden, um eine gewünschte Absorption der elektromagnetischen Energie im Körper beziehungsweise in der Matrix zu erreichen und/oder die Eindringtiefe selektiv zu verändern. Wie bei der Auftragung einer dünnen Schicht und deren nachfolgender Sinterung, Dichteveränderung usw. ist von entscheidender Bedeutung, daß eine selektive Erwärmung der Nanoteilchen erfolgt, während diese sich in Wärmekontakt mit einem umgebenden Medium sehr viel größerer Masse und damit höherer Wärmekapazität befinden. Man erhält wiederum eine selektive Erwärmung, aber anders als bei der Dichtsinterung kann es erwünscht sein, die Nanoteilchen solange und soweit zu erwärmen, daß die Gesamtmatrix ebenfalls insgesamt einen Temperaturanstieg erfährt. So können Nanoteilchen als Energiekoppler und sogenannten Hotspots verwendet werden. Diese nanoskaligen Energie- und Wärmekoppler ermöglichen bei ihrem Einbau in Grundkörper, Matrices und/oder ihre Einbringung in Flüssigkeiten die Erwärmbarkeit durch elektromagnetische Felder gezielt vorzunehmen. Bei Auslegung auf vorgegebene elektromagnetische Frequenzen läßt sich dadurch auch eine elektromagnetische Abschirmwirkung erzielen. Bei den letztgenannten Anwendungen kommt es nicht darauf an, daß eine erzielte thermische Veränderung dauerhaft bewirkt wird, sondern vielmehr wird hier die Erwärmung als thermische Veränderung selbst angestrebt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Veränderung elektrisch zumindest halbleitender Beschichtungsmaterialien, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beschichtungsmaterialien in fester Form mit einem elektromagnetischen Wechselfeld beaufschlagt werden, bis durch deren induktive Erwärmung die thermische Veränderung bewirkt ist.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß als Beschichtungsmaterial ein elektrisch halbleitendes Material verwendet wird.
3. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß als elektrisch halbleitendes Beschichtungsmaterial ein halbleitend dotiertes Material verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Beschichtungsmaterial ein keramisches Material verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Beschichtungsmaterial ausgewählt und/oder kombiniert wird aus der Gruppe ITO (Indium-Zinn-Oxyd), ATO (Arsen-Zinn-Oxyd), FTO, ZnO, Nitriden, Carbiden, Boriden und/oder III-IV und/oder III-V Halbleitern.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Beschichtungsmaterial ein elektrisch leitfähiges verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Beschichtungs-

material ein Metall und/oder eine intermetallische Verbindung verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Beschichtungsmaterial vor seiner thermischen Veränderung auf einen Grundkörper aufgebracht wird. 5

9. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Beschichtungsmaterial auf den Grundkörper in einer dünnen Schicht aufgebracht wird. 10

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Beschichtungsmaterial gemeinsam mit einem Fluid auf den Grundkörper aufgebracht wird.

11. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Beschichtungsmaterial auf den Grundkörper durch Tauch- und/oder Spinnüberziehen, Sprühen, Drucken insbesondere Offset- und/oder Siebdruck, Rakeln und/oder Gießen aufgebracht und/oder eine strukturierte Oberfläche beim Auftragen erzeugt wird. 20

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Fluid ein alkoholisches und/oder andere organische Lösungsmittel und/oder Wasser und/oder wässrige Lösungsmittel verwendet wird/werden. 25

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Beschichtungsmaterial vor der eigenschaftsverändernden induktiven Erwärmung getrocknet wird, insbesondere bei Temperaturen unterhalb der zur thermischen Veränderung erforderlichen. 30

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Grundkörper aus wärmeempfindlichem Material verwendet wird. 35

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Grundkörper aus Glas, insbesondere silicathaltigem Glas, Glaskeramik, Keramik und/oder Kunststoff, insbesondere PMMA, PE, PET verwendet wird. 40

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtungsmaterialien durch ihre induktive Erwärmung gesintert und/oder verdichtet und/oder kristallisiert werden und/oder daß sich durch die Temperaturbehandlung die elektrische Leitfähigkeit dauerhaft erhöht. 45

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtungsmaterialien lokal auf Temperaturen erwärmt werden, die oberhalb jener der Grundkörperbeständigkeit liegen. 50

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Grundkörper verwendet wird, dessen Leitfähigkeit geringer als jene des elektrisch zumindest halbleitenden Beschichtungsmaterials ist. 55

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Leitfähigkeit insbesondere für die Induktion von Wirbelströmen des Grundkörpers wenigstens zwei Größenordnungen geringer als jene des elektrisch zumindest halbleitenden Beschichtungsmaterials ist. 60

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der lokalen Beschichtungsmaterialerwärmung der Grundkörper oberflächennah soweit aufgeheizt wird, daß zwischen Grundkörpermaterial und Beschichtungsmaterial eine verbesserte Haftung, insbesondere durch diffusiven Materialaustausch, bewirkt wird.

21. Gegenstand mit einer Beschichtung aus elektrisch zumindest halbleitendem Material auf einem durch Wirbelstrominduktion allenfalls geringfügig erwärm-barem Grundkörper, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundkörper aus einem nur bis zu einer vorgegebenen Temperatur unverändert erwärm-baren, insbesondere formstabilem Material besteht, und das Beschichtungsmaterial eine durch Erwärmen auf Temperatur unterhalb der vorgegebenen veränderte Eigenschaften aufweist.

22. Gegenstand nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Eigenschaft des Beschichtungsmaterials, welche durch Erwärmen auf eine Temperatur oberhalb der vorgegebenen dauerhaft verändert wurde, die Dichte und/oder elektrische Leitfähigkeit und/oder die kristalline Struktur und/oder die Porosität des Beschichtungsmaterials ist.

23. Gegenstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundkörper einen durch lokale Erwärmung der Beschichtung oberflächennah veränderten Bereich aufweist.

24. Gegenstand nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Bereich der oberflächennahen Veränderung des Grundkörpers allenfalls wenige µm dick ist.

- Leerseite -

Docket # GIR 02 P 20537

Applic. # 10/765, 584

Applicant: Auburger, et al.

Lerner Greenberg Steiner LLP

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101